

「現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築」
平成26年度採択研究代表者

H28 年度 実績報告書

石川 博

早稲田大学理工学術院
教授

認識の数理モデルと高階・多層確率場による高次元実データ解析

§ 1. 研究実施体制

(1) 石川グループ

- ① 研究代表者: 石川 博 (早稲田大学理工学術院、教授)
- ② 研究項目
 - ・ トップダウンモデルと確率場生成
 - ・ 確率場最適化の応用
 - ・ ディープラーニングにおける学習データの必要性の削減
 - ・ ディープラーニングの応用

(2) 岡谷グループ

- ① 主たる共同研究者: 岡谷 貴之 (東北大学大学院情報科学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・ 高効率学習最適化法構築
 - ・ 異種タスク性能評価
 - ・ 動画認識への応用
 - ・ 多層モデル理論構築

§ 2. 研究実施の概要

本研究では、高階・多層確率場を主な道具として、既存の情報技術で実現困難な「認識」という現象の数学的モデルを構築し、社会的諸問題に応用することをめざしている。



元画像（白黒） 色付け結果
図 1 白黒画像の自動色づけ

本年度、確率場の応用へ向けた研究では、多層確率場の深層学習による画像処理アルゴリズムを 2 つ開発し、コンピューターグラフィックスにおける世界最高峰の国際会議である ACM SIGGRAPH2016 で発表した。その一つは、白黒画像の自動色付け手法(図 1)である(Iizuka, Simo-Serra, and Ishikawa, ACM ToG (Proc. SIGGRAPH2016))。この手法では、カラー写真とそれを白黒にした写真の組を大量に(約 230 万組)深層学習によって畳み込みニューラルネットワーク(以下 CNN)に学習させ、その後で CNN に白黒写真のみを与えたときに全自動で色づけできるようにする技術であり、新聞・テレビなどのメディアの注目を集めるとともに、経済産業省 Innovative Technologies 2016 特別賞「Culture」を受賞した。もう一つは鉛筆によるラフ画を全自動でペン入れ後の線画に変換する手法(図 2)である(Simo-Serra, Iizuka, Sasaki, and Ishikawa, ACM ToG (Proc. SIGGRAPH2016))。ラフ画を描いた後に線画にするのは、マンガやイラストレーション、アニメーションの制作過程に置いて必要だが非常に手間のかかる作業であり、その自動化はそれらの制作の効率向上に重要である。これも大量のラフ画と、それを線画化したものを CNN に学習させるが、カラー写真を白黒にするのと違ってデータを大量に集めることが難しいため、その点を工夫した。これらの画像処理アルゴリズムはウェブサイトにて簡単に試すことができるようにして一般の人気も博した。



入力ラフ画 線画化結果
図 2 ラフ画の自動線画化

一方、深層学習の理解を目指し、CNN の構造とその学習方法について、様々な角度から研究に取り組んだ結果、いくつかの成果を得た。まず、CNN が持つフィルタカーネル——CNN の学習パラメータである——は、これまで正方形のもののみが用いられてきていたが、凸形状のものを用い、しかもこれを層ごとに向きを変えて配置すると、物体認識タスクでの認識性能が向上することを、世界で初めて明らかにした(Sun, Ozay, and Okatani, Proc. European Conference on Computer Vision, 2016)。さらに、CNN の学習は通常、制約なしの最適化問題として定式化されるが、フィルタカーネルに任意の行列多様体の制約を与え、制約ありの最適化問題として定式化することで、様々な認識タスクでの認識性能が向上することを発見するとともに、多様体上でパラメータを反復計算する新しい学習アルゴリズムを考案した。以上は深層学習の改良であるとともに、深層学習の理解という目標へ向けた段階的な一歩と位置付けられる。

【平成 28 年度代表論文】

1. Satoshi Iizuka, Edgar Simo-Serra, and Hiroshi Ishikawa, "Let there be Color!: Joint End-to-end Learning of Global and Local Image Priors for Automatic Image Colorization with Simultaneous Classification," ACM Transactions on Graphics, Volume 35, Issue 4 (Proc. of SIGGRAPH2016), Article 110, July 2016.
2. Edgar Simo-Serra, Satoshi Iizuka, Kazuma Sasaki, and Hiroshi Ishikawa, "Learning to Simplify: Fully Convolutional Networks for Rough Sketch Cleanup," ACM Transactions on Graphics, Volume 35, Issue 4 (Proc. of SIGGRAPH2016), Article 121, July 2016.
3. Zhun Sun, Mete Ozay and Takayuki Okatani, "Design of Kernels in Convolutional Neural Networks for Image Classification," Proceedings of European Conference on Computer Vision 2016, 2016.10.08